

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

09 / 623852



REC'D	14 APR 1999
WIPO	PCT

EJU

EP 99 / 01163

**Bescheinigung**

Die Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat  
eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern"

am 10. März 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüngli-  
chen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole  
H 04 L, G 08 C und G 06 F der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 18. Februar 1999

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 10 293.3

Keller

## Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern

5

10

Die Erfindung beschäftigt sich mit einem Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern, wie er aus der nicht vorveröffentlichten Deutschen Patentanmeldung 19720401.5 hervorgeht. Jedes Telegramm besitzt einen eindeutigen Identifier, der die Dringlichkeit des Telegramms bestimmt.

15

20

25

Der Datenbus besitzt für zumindest einen Teil der Teilnehmer optische Übertragungsstrecken bis hin zum Sternkoppler. Handelt es sich um einen elektrischen Sternkoppler, werden diese Telegramme in ein elektrisches Signaltelegramm umgewandelt und über eine Empfänger-Sende-Einheit wiederum in ein vorzugsweise optisches Signaltelegramm umgewandelt, das so zu allen übrigen Teilnehmern übertragen wird. Ein derartiger Datenbus mit zumindest teilweise optischen Übertragungsstrecken besitzt insoweit eine besondere Eigenschaft, als die Signallaufzeit, d. h. die Zeit für die Übertragung eines Signals (Telegramm) von einem Teilnehmer zum anderen wesentlich größer als die Bitzeit ist. Im Gegensatz dazu ist bei einem rein elektrischen Datenbus, wie er beispielsweise unter der Bezeichnung CAN in Fahrzeugen häufig verwendet wird, die Signallaufzeit wesentlich geringer als die Bitzeit. Eine weitere Schwierigkeit aufgrund stark unterschiedlicher Signallaufzeiten entsteht dann, wenn zusätzlich Teilnehmer am Sternkoppler angeschlossen sind, die selbst (nur) elektrische Signaltelegramme ausgeben.

30

Ein Beispiel möge dies verdeutlichen. Es sei, wie in Figur 1 dargestellt, ein sternförmiges Bussystem mit insgesamt vier Teilnehmern T1 bis T4 angenommen, bei dem Teilnehmer T1, T2 und T3 über eine optische Übertragungsstrecke L1, L2 und L3 mit einem aktiven elektrischen Sternkoppler K verbunden sind. Zwischen den Teilnehmern T1 bis T3 und dem Sternkoppler K sind jeweils zwei SE- (=Sender/Empfänger-) Einheiten SE<sub>11</sub>, SE<sub>12</sub>, SE<sub>21</sub>, SE<sub>22</sub>, SE<sub>31</sub> und SE<sub>32</sub> angeordnet, bei denen das zunächst bei den Teilnehmern vorliegende elektrische Tele-

gramm in ein optisches Sendesignal umgewandelt und in ein elektrisches Signaltelegramm rückgewandelt wird, das dann auf den Sternkoppler K gegeben wird. Umgekehrt werden die diesen Teilnehmern zugedachten optischen Telegramme vom Sternkoppler ausgehend zunächst in optische Telegramme und dann wiederum in elektrische Empfangssignale umgewandelt.

Ferner ist ein weiterer Teilnehmer T4 angeordnet, bei dem es sich um einen Teilnehmer handelt, der über eine elektrische Übertragungsstrecke unmittelbar mit dem Sternkoppler K verbunden ist.

10

Bedingt durch die Umwandlungszeit für die elektrischen in optische Signale und umgekehrt (etwa in der Größenordnung von je 60-100ns) und der Laufzeit in den optischen Übertragungsstrecken (ca. 5ns/m) ergeben sich Laufzeiten für Telegramme der Teilnehmer T1 bis T3 jeweils zum und vom Sternkoppler K, die im Ausführungsbeispiel exemplarisch mit 180, 240 und 200ns angegeben sind. Die Laufzeit der Signale von Teilnehmer T4 zum Sternkoppler K ist idealerweise gleich 0 ns.

15

20

Nimmt man beispielsweise ein Telegramm an, das vom Teilnehmer T1 zum Teilnehmer T2 über den Sternkoppler K gelangen soll, so ergibt sich dabei eine Laufzeit von mindestens 420ns, für ein Telegramm vom Teilnehmer T3 zu T2 sogar von 440 ns. Die minimale Signallaufzeit für Telegramme hier zwischen den Teilnehmern T1 und T4 beträgt 180 ns.

25

Es ist ohne weiteres zu erkennen, daß die Laufzeit im System stark von den jeweiligen individuellen Verzögerungszeiten in der Übertragungsstrecke der einzelnen Teilnehmern zum aktiven Sternkoppler abhängt und darüber hinaus wesentlich größer als die Bitzeit, hier beispielsweise gleich 100ns angenommen, ist.

30

Es sei nun ein Signalverkehr auf dem Datenbus angenommen, wie er aus Fig. 2 und der eingangs genannten älteren Patentanmeldung hervorgeht. Zwischen zwei Synchronisationsimpulsen, die von einem Busmaster ausgegeben werden, findet auf dem Datenbus ein Datenverkehr statt. In jedem der mit Zyklus 1, Zyklus 2 und Zyklus 3 bezeichneten Zyklen werden maximal drei Telegramme ausgegeben, bei

denen es sich um die Telegramme t1, t2 und t3 bzw. t1, t4 und t5, bzw. allein das Telegramm t3 handelt. Zwischen jedem der tatsächlich gesendeten Telegramme ist mindestens eine Wartezeit einzuhalten, die sich aus der nachfolgenden Formel ergibt:

Wartezeit: 
$$t_{wx} = t_{wx0} + t_{wx\_delta} * (ID - ID_{x-1})$$

Dabei bedeutet  $t_{wx0}$  einen fixen Anteil, der der eindeutigen Unterscheidung von Telegramm und Wartezeit dient,

$t_{wx\_delta}$  einen festen Multiplikationsanteil, der von der maximalen Signallaufzeit im Bussystem abhängt und

$ID - ID_{x-1}$  die Differenz der Telegramm-Identifizier. Dabei steht ID für den Identifizier des tatsächlich vom Teilnehmer zu versendenden Telegrammes und  $ID_{x-1}$  für den Identifizier des zuletzt tatsächlich gesendeten Telegramms.

- Wie ohne weiteres zu erkennen, ist der Abstand zwischen zwei gesendeten und hinsichtlich ihres Identifiziers aufeinanderfolgenden Telegrammen, also zwischen den Telegrammen t1 und t2 bzw. t2 und t3 sowie zwischen t4 und t5 minimal, für hinsichtlich ihres Identifizier nicht unmittelbar aufeinanderfolgende Telegramme wie t4 nach t1 im Zyklus 2, größer.

Anhand von Figur 3 soll die sich aus den Laufzeiten ergebende Berechnung des Multiplikationsanteils  $t_{wx\_delta}$  erläutert werden:

Es seien zwei Teilnehmer, hier mit A und B bezeichnet, angenommen. Teilnehmer B sendet ein Telegramm mit ID=1 und Teilnehmer A ein Telegramm mit ID=2. Teilnehmer A sei ferner als Busmaster angenommen. Er sendet den Synchronisierungspuls und startet nach Ende des Synchronisierungspulses die Wartezeit  $t_{wx}$ . Der Teilnehmer B sieht das Ende des Synchronisierungspulses jedoch um  $t_{max}$  verzögert und startet somit  $t_{max}$  später seine Wartezeit  $t_{wx}$ . Teilnehmer B beginnt nach Ablauf der Wartezeit

$$t_{wx} = t_{wx0} + t_{wx\_delta} * 1$$

mit dem Senden des Telegramms ID=1. Dieses Telegramm benötigt wiederum  $t_{max}$ , um bis zum Teilnehmer A zu gelangen. Teilnehmer A muß dieses Tele-

gramm noch empfangen können, bevor er seinerseits mit dem Senden des Telegramms ID=2 beginnt. Folgende Formel muß also aus Sicht des Teilnehmers A erfüllt sein, um eine Kollision zu vermeiden:

$$\begin{aligned} \text{Startzeit Telegramm ID=2} &> \text{Empfangszeit Telegramm ID=1} \\ t_{wx0} + 2 \cdot t_{wx\_delta} &> t_{max} + t_{wx0} + t_{wx\_delta} + t_{max} \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$t_{wx\_delta} > 2 \cdot t_{max}$$

Bei der Beispielkonfiguration aus Abbildung 1 ergibt sich somit  $t_{wx\_delta}=880\text{ns}$ . Bei großen Identifier-Differenzen, z.B.  $(ID - ID_{x-1})=250$  ergibt sich somit eine Wartezeit von über  $220\mu\text{s}$ . Das bedeutet, daß bei einer geforderten Zykluszeit von beispielsweise  $200\mu\text{s}$  Telegramme mit hohen Identifier gar nicht gesendet werden können. Außerdem sinkt der Nettodatendurchsatz auch bei der Verwendung von kleinen ID's mit größer werdendem  $t_{wx\_delta}$ .

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern zu schaffen, bei dem der Wirkungsgrad erhöht wird, indem die Wartezeit zwischen den zu sendenden Telegrammen verringert wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1.

Diese Lösung besteht kurzgefaßt darin, die system- und teilnehmerbedingten Laufzeitverzögerungen insbesondere zwischen den Teilnehmern und dem aktiven Sternkoppler anzugleichen. Im Idealfall soll diese Angleichung soweit durchgeführt werden, daß die Signallaufzeiten zwischen den Teilnehmern und dem Sternkoppler untereinander gleich sind. Die erfindungsgemäßen Maßnahmen bestehen darin, den Fixanteil der Wartezeit  $t_{wx0}$  individuell anzupassen

Die Erfindung wird durch verschiedene Maßnahmen konkretisiert. Diese Maßnahmen sind Gegenstand der Patentansprüche 2 und 3. Sie können gemeinsam oder auch alternativ angewandt werden. Diese Maßnahmen sind anhand der weiteren Figuren erläutert.

Es zeigt

Fig. 4 ein Diagramm zur Erläuterung der in Patentanspruch 2 angegebenen Maßnahme und

Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung der in Patentanspruch 3 angegebenen Maßnahme.

Wie im Patentanspruch 2 angegeben und in Fig. 4 dargestellt, unterscheiden die Teilnehmer den Sende- und Empfangsfall der letzten Busaktivität. Der Teilnehmer, der die letzte Busaktivität (Sync-Puls oder Telegramm) gesendet hat, wartet um  $t_{\min}$  länger als die (= alle übrigen) Teilnehmer, die diese Busaktivität empfangen haben. An die Stelle des universellen Festanteils  $t_{wx0}$  tritt nunmehr ein Festanteil  $t_{wx0\_tx}$  für den Sendefall bzw.  $t_{wx0\_rx}$  für den Empfangsfall. Es gilt:

$$\begin{array}{ll} t_{wx0\_tx} = t_{wx0\_rx} + t_{\min} & \text{für den Sendefall} \\ t_{wx0\_rx} & \text{für den Empfangsfall} \end{array}$$

Folgende Wartezeit muß aus Sicht des Teilnehmers A erfüllt sein, um eine Kollision zu vermeiden:

$$\begin{array}{lll} \text{Startzeit Telegramm ID=2} & > & \text{Empfangszeit Telegramm ID=1} \\ t_{wx0\_rx} + t_{\min} + 2 \cdot t_{wx\_delta} & > & t_{\max} + t_{wx0} + t_{wx\_delta} + t_{\max} \end{array}$$

Daraus folgt:

$$t_{wx\_delta} > 2 \cdot t_{\max} - t_{\min}$$

Damit läßt sich bei der Beispielkonfiguration von Fig.1 der Wert von  $t_{wx\_delta}$  von 880ns auf 700ns reduzieren.

Zusätzlich oder alternativ werden, wie im Patentanspruch 3 angegeben, die Fixanteile der Wartezeiten  $t_{wx0\_tx}$  und  $t_{wx0\_rx}$  für jeden Teilnehmer an seine individuelle Verzögerungszeit (hier:  $\text{delay\_tln}$  genannt) angepaßt. Dies geschieht nach folgenden Formeln:

$$\begin{array}{l} \circ \quad t_{wx0\_tx\_tln} = (\text{idle\_min} - t_{wx\_delta}) + \text{delay\_tln\_max} + \text{delay\_tln} \\ \circ \quad t_{wx0\_rx\_tln} = (\text{idle\_min} - t_{wx\_delta}) + \text{delay\_tln\_max} - \text{delay\_tln} \end{array}$$



Die hierbei verwendeten Parameter haben folgende Bedeutung:

Tabelle 1

Parameter:	Bedeutung:	Beispiel:
delay_tln	maximale Verzögerung eines Signales vom elektrischen Teil des Sternkopplers bis zum Teilnehmer tln im worst case	delay_μP, delay_μC1, delay_μC2,
delay_tln_max	Maximum (delay_tln_1, delay_tln_2, ...)	hier: delay_tln_max = 240ns
idle_min	Minimale „Bus Idle“ Zeit zwischen Telegrammen	1100ns
t_wx_delta	multiplikativer Faktor der Wartezeit	im Idealfall: t_max

Wendet man diese Formeln auf die Buskonfiguration von Fig 1 an, so ergeben sich die Parameter wie sie in Fig 5 für die einzelnen Teilnehmer eingetragen sind. In Fig. 5 sind außerdem die Signalverläufe gezeigt, die die einzelnen Teilnehmer an ihrem Busanschluß sehen.

Man erkennt aus Fig. 5, daß durch die Anpassung des Fixanteils der Wartezeit  $t_{wx0\_tx}$  und  $t_{wx0\_rx}$  die Teilnehmer synchronisiert sind. Die Startzeit eines Telegramms hängt dann nicht mehr von den unterschiedlichen Signallaufzeiten im System (aus optischen und ggf. elektrischen Übertragungsstrecken von und zum Sternkoppler ) ab, sondern nur noch vom Identifier des zu sendenden Telegramms und der ggf. vorliegenden Belegung des Datenbuses durch ein (wichtigeres) Telegramm mit niedrigerem Identifier. Würden die Teilnehmer alle ein und dasselbe Telegramm mit identischem Identifier aussenden, würden sie dies gleichzeitig tun. Da nur jeweils ein Teilnehmer ein Telegramm mit einem bestimmten Identifier abschickt, ist eine Telegrammkollision ausgeschlossen.

Damit gilt jetzt:

$$t_{wx\_delta} \geq t_{max}$$

Damit gelingt eine Halbierung des multiplikativen Anteils der Wartezeit  $t_{wx\_delta}$ .

In der Beispielkonfiguration von Fig 1 bedeutet dies für  $t_{wx\_delta}$  einen Wert von

440ns gegenüber 880ns. Hohe Identifier, z.B. ID=250, haben eine Wartezeit von ca.  $t_{wx} = 110\mu s$ , können also innerhalb eines Zyklus von  $200\mu s$  noch gesendet werden.

- 5 Da im normalen Busbetrieb viele verschiedene und damit auch höhere Identifier zum Einsatz kommen, werden nur selten direkt aufeinanderfolgende Identifier innerhalb eines Rahmens gesendet. Deshalb bewirkt man durch die Halbierung von  $t_{wx\_delta}$  annähernd eine Halbierung der Wartezeiten  $t_{wx}$ . Dies hat wiederum nahezu eine Verdopplung der Nettodatenrate zur Folge. Insgesamt wird also der
- 10 Wirkungsgrad des Protokolls erhöht. Bei einer festgelegten Nettodatenrate kann somit die Bruttodatenrate gesenkt werden. Dadurch sind Kosteneinsparungen möglich, weil aufgrund der niedrigeren Signalfrequenzen z.B. der EMV-Schutz einfacher gestaltet werden kann und an die Bauteile keine so hohen Anforderungen gestellt werden müssen.

15

Zur Realisierung der Erfindung sind in den Teilnehmern nicht dargestellte Anpassungs- und Logikglieder vorgesehen, die die angegebenen Angleichungen der Startzeitpunkte für die Telegramme in Abhängigkeit von der unmittelbar vorausgehenden Tätigkeit (Senden oder Empfangen) des Teilnehmers selbst und der individuellen Signallaufzeit zwischen Teilnehmer und dem Sternkoppler vornehmen. Da

20 wie gezeigt die wesentlichen Laufzeitunterschiede zwischen Teilnehmern mit elektrischer Anbindung und den Teilnehmern mit optischer Anbindung vorliegen, genügt es, diese Laufzeitunterschiede näherungsweise auszugleichen, indem nur die Teilnehmer mit elektrischer Anbindung um eine Zeitspanne verzögert auf Sendung

25 gehen, die etwa gleich der mittleren Verzögerungszeit der Teilnehmer des anderen Typus (mit optischer Anbindung) ist. Ein ausreichender Näherungswert ergibt sich beispielsweise zu 210ns.

5

## Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern

### 10 Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern,  
gekennzeichnet durch folgende Merkmale:  
15 die Teilnehmer stehen über einen Sternkoppler miteinander in Verbindung,  
zumindest ein Teil der Teilnehmer ist über einen Lichtwellenleiter mit dem  
Sternkoppler verbunden  
die Teilnehmer werden durch Synchronisationspulse synchronisiert,  
die Telegramme werden von den Teilnehmern mit einer hierarchischen Sende-  
20 folge ausgesandt,  
die Sendestartzeitpunkte der Telegramme werden durch Anpassungsglieder so  
eingestellt, daß sie unabhängig vom jeweiligen Teilnehmer und nur noch ab-  
hängig von der Sendefolge sind.
- 25 2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die  
Anpassungsglieder der Sendezeitpunkt für ein Telegramm dann, wenn derselbe  
Teilnehmer vorausgehend selbst gesendet hat, später als dann, wenn der Teil-  
nehmer vorausgehend ein Telegramm eines anderen Teilnehmers empfangen  
hat, eingestellt wird.
- 30 3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
durch die Anpassungsglieder für jeden Teilnehmer innerhalb eines Zeittaktes  
vorab eine Verzögerungszeit eingestellt wird, deren Länge komplementär zur

Signallaufzeit zwischen dem Teilnehmer und dem Sternkoppler ist.

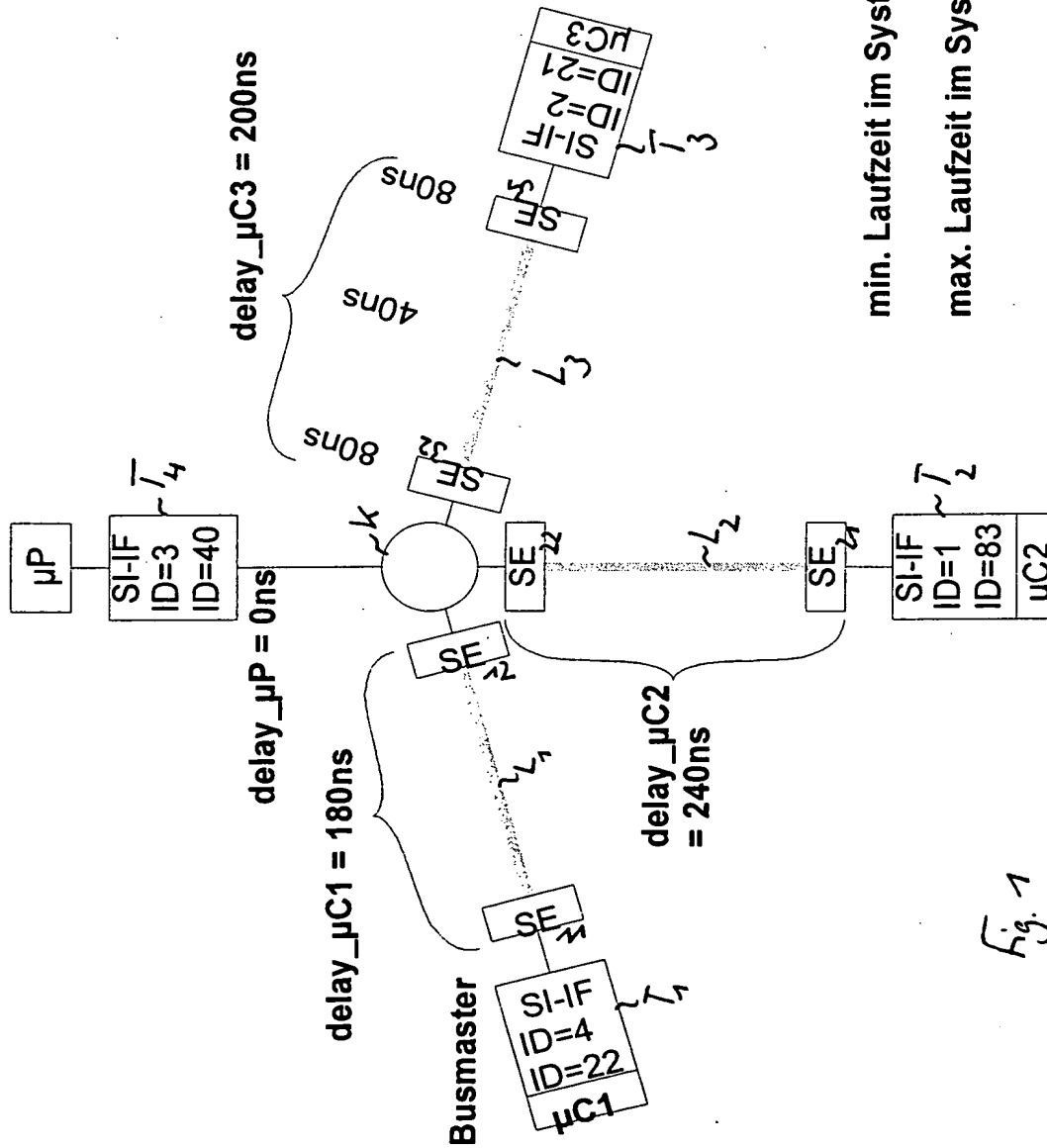
- 5 4. Betriebsverfahren nach Ansprache 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungszeit vom Typ der Anbindung des Teilnehmers an den Sternkoppler abhängt.

5

## Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern

### 10 Zusammenfassung

Bei einem Betriebsverfahren für einen Datenbus mit mehreren Teilnehmern, stehen die Teilnehmer über einen Sternkoppler miteinander in Verbindung; zumindest ein Teil der Teilnehmer ist über einen Lichtwellenleiter mit dem Sternkoppler verbunden; die Teilnehmer werden durch Synchronisationspulse synchronisiert, und die Telegramme werden von den Teilnehmern mit einer hierarchischen Sendefolge ausgesandt. Ferner werden die Sendestartzeitpunkte der Telegramme durch Anpassungsglieder so eingestellt, daß sie unabhängig vom jeweiligen Teilnehmer und nur noch abhängig von der Sendefolge sind.



min. Laufzeit im System:  $t_{\min} = 180\text{ns}$   
max. Laufzeit im System:  $t_{\max} = 440\text{ns}$

Fig. 1

Zyklus 3

Zyklus 2

Zyklus 1

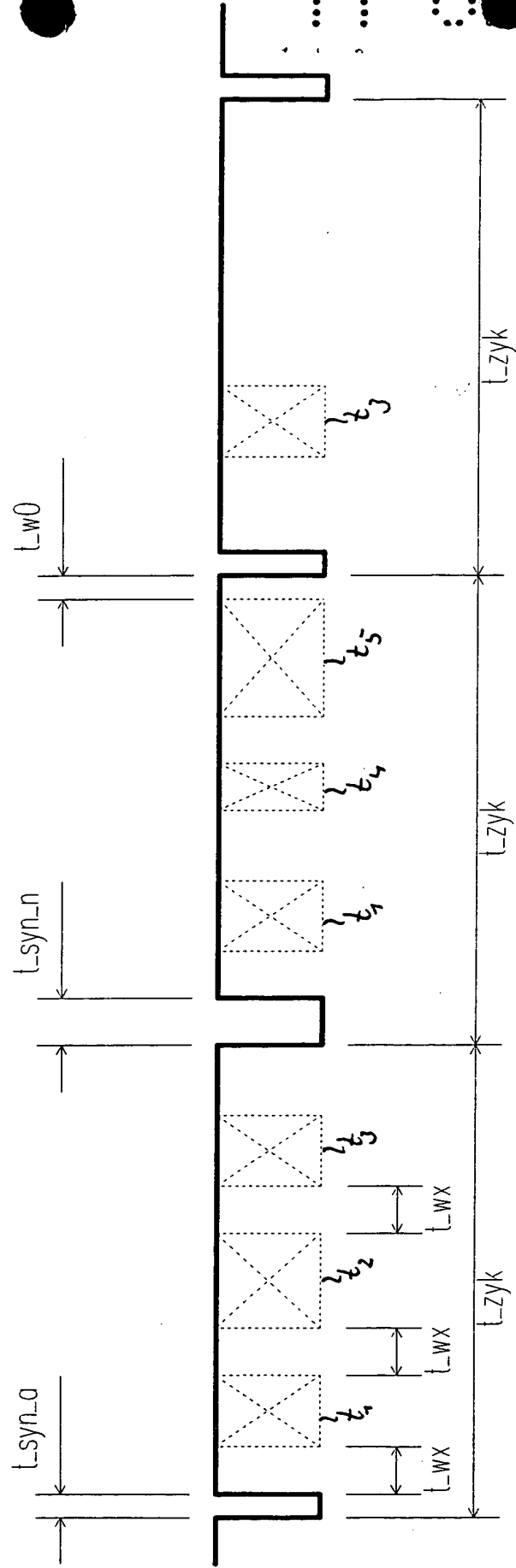
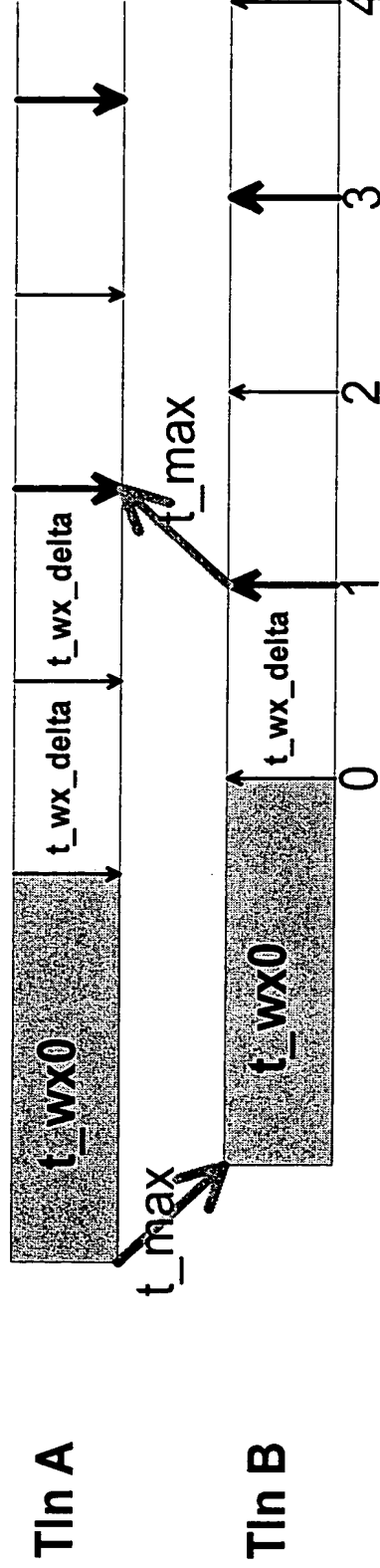


Fig. 2

TIn A      Ende Sync-Puls von Teilnehmer TIn A = Busmaster gesendet

0      1      2      3      4      ID - ID<sub>x-1</sub>



Zeit: t

Fig. 3



TIn A      Ende Sync-Puls von Teilnehmer TIn A = Busmaster gesendet

0      1      2      3      4      ID - ID<sub>x-1</sub>

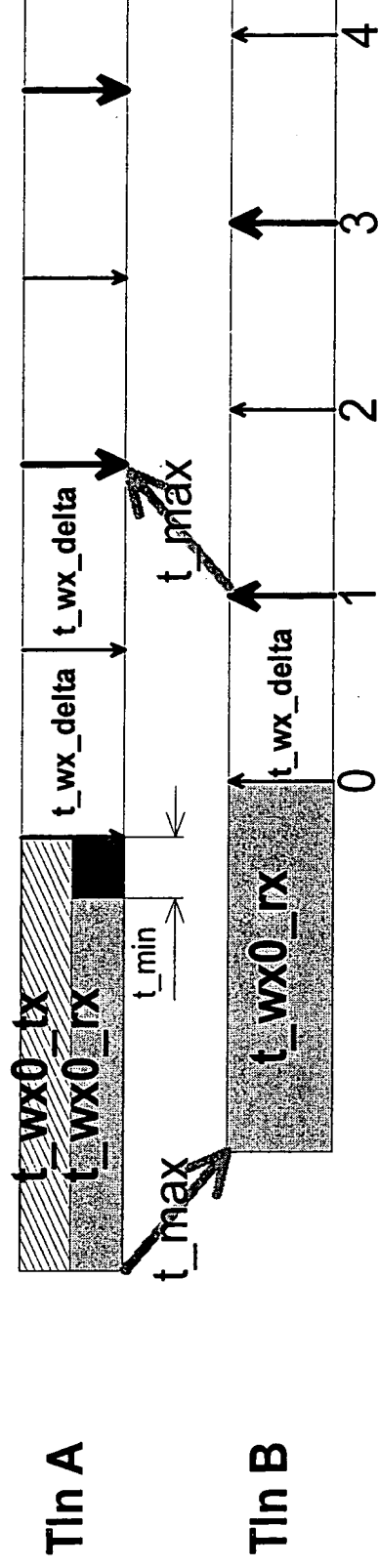


Fig. 4

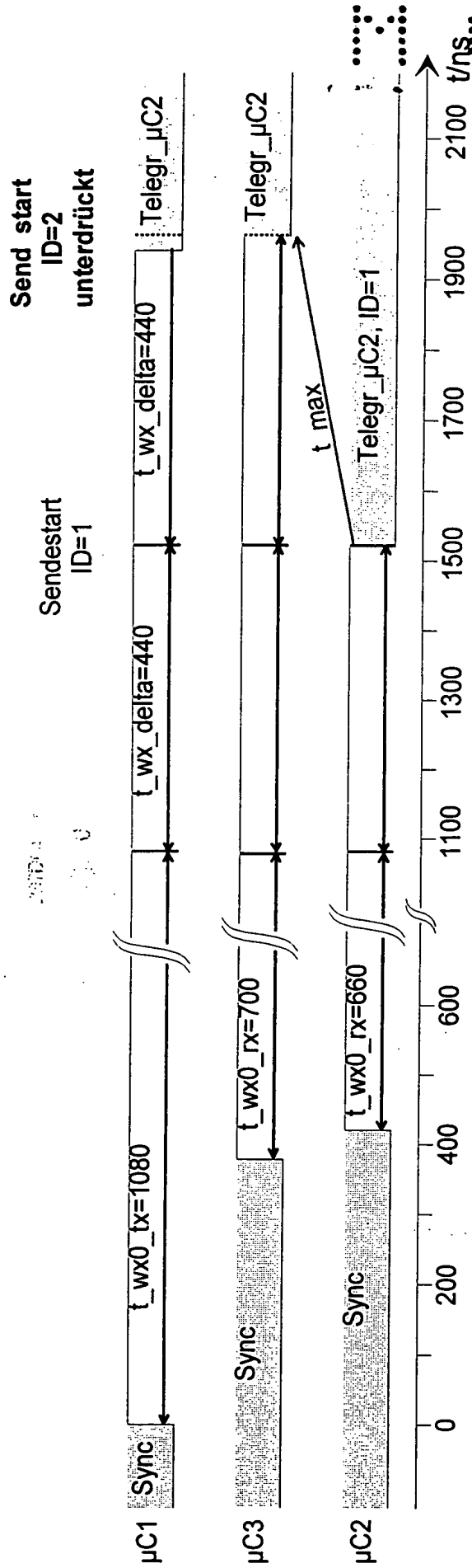


Fig. 5